積穀害蟲之監測與管理

姚美吉[1,*] 李啟陽[1]

[1]行政院農業委員會農業試驗所應用動物組
[*]通訊作者：yaomc@tari.gov.tw

摘要

稻米是國人最主要糧食，政府為穩定國內稻米供需，每年貯藏稻穀量超過 50 萬公噸，平均貯藏期約 2 年。惟貯藏時期因積穀害蟲危害，導致稻穀損失約 2% ~5%，粗估每年損失為 1.7 億元。為建構積穀之完整害蟲管理模式，將從預防勝於治療角度切入，避免使用農藥為原則，從濕穀烘乾階段開始清除稻穀乾燥機內殘存活蟲，逐一進行清源、防堵及監測等工作，建立倉儲階段蟲害管理 SOP，降低害蟲危害以獲取最大利益，新近研發導入多重物理防治資材及技術，包含 (1) LED 誘殺器、(2) 無線感測網路害蟲監測及 (3) 防蟲網等技術。透過「LED 誘殺器」再結合「無線感測網路」，即可進行遠距自動化監測，提供最佳防治時機。此外，於稻穀進倉後可利用「防蟲網」阻絕害蟲遷移，避免混倉貯藏時新穀受舊穀原有蟲源之入侵，能明顯降低害蟲繁殖。另本所已建構積穀害蟲防治管理平臺 (http://spir.tari.gov.tw/) 網站，提供給農會、碾米廠及相關業者多樣化之積穀害蟲防蟲技術，亦分享本所於各鄉鎮不同類型穀倉合作之實際案例，是穀倉管理人員及糧政人員之學習與諮詢最佳交流平臺。

關鍵詞：積穀害蟲、無線感測網路、LED誘殺器、防蟲網。

前言

臺灣最主要糧食作物為稻穀，栽培面積在 2014 年約 27.1 萬公頃，糙米量約 140 萬公噸，產值約 414 億元。近年來政府推動濕穀收購，透過各地區農會或碾米廠之稻穀乾燥中心進行濕穀烘乾，再進倉貯藏。稻穀收穫後約 75%～80% 成為自營糧，其他 20%~25% 由政府會輔助收購成為公糧。因自營糧主要由農會或碾米廠自行收購貯藏，供應當期之民生需求，貯藏期約 3~6 個月，大部分貯藏於 18℃ 下冷藏筒中，少量以太空包裝方式常溫貯藏，害蟲之為害相對輕微。而公糧部分，於收購後置於穀倉貯藏，大部份放置於常溫倉，少則半年，長則 2 年以上，累計之貯藏量常達 50 萬噸以上，在貯藏期間有害生物之為害，如昆蟲、老鼠、鳥類等，常是管理者最大難題，其中又以昆蟲之為害更為嚴重。以往管理常於害蟲嚴重為害後，才開始規劃蟲害防治，其穀物損失已達 2%~5%。若以貯藏時期損失 2% 計算，每公斤稻穀約 23 元，其經濟損失約達 1.7 億元以上。

為建構積穀之完整害蟲管理模式，本文將從預防勝於治療角度切入，避免使用農藥為原則，從濕穀烘乾階段開始清除稻穀乾燥機內殘存活蟲，逐一進行清源、防堵及監測等工作，建立倉儲階段蟲害管理 SOP，降低害蟲危害以獲取最大利益。並分享農業試驗所近年之研發成果，包含多重物理防治資材及技術，如 (1) LED 誘殺器、(2) 無線感測網路害蟲監測及 (3) 防蟲網等技術。透過「LED 誘殺器」再結合「無線感測網路」，即可進行遠距自動化監測，提供最佳防治時機。此外，於稻穀進倉後可利用「防蟲網」阻絕害蟲遷移，避免混倉貯藏時新穀受舊穀原有蟲源之入侵，能明顯降低害蟲繁殖。本文亦將介紹已完成建構之積穀害蟲防治管理平臺，此平臺內含各種害蟲資訊及詳細防治資訊、實際案例，將成為穀倉管理人員及糧政人員之學習與諮詢最佳交流平臺。

預防勝於治療

臺灣之水稻栽培期間，為害水稻之主要害蟲為褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stal))、黑尾葉蟬 (*Nephotettix* spp.)、二化螟 (*Chilo suppressalis* (Walker)) 及瘤野螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée)) (Cheng 2003)，這些害蟲在稻穀收穫後進倉貯藏，在貯藏期間均未再發現。同樣在稻穀收穫後貯藏期間，最嚴重為害之主要害蟲如穀蠹 (*Rhyzopertha dominica* (Fabricius))、米象 (*Sitophilus oryzae* L.) 或麥蛾 ((*Sitotroga cerealella* Olivier)) 等 (Yao & Lo 1992)，在水稻栽培期間亦甚少發生為害。主要因這些害蟲之生態及危害習性均各異，因此害蟲之發生會因其習性，在不同作物生長期產生不同為害狀況。在害蟲之防治管理上，若能掌握不同害蟲習性。針對其生產期之害蟲進行防治，就不會在防治上失焦，且能有效進行害蟲防治管理。

近年來政府推動濕穀收購，透過各地區農會或碾米廠之稻穀乾燥中心進行濕穀烘乾，再進倉貯藏。原先在田間發生之害蟲，本應因生態習性不同而無法在穀倉生存，照常理推論烘乾完成之稻穀應完全無害蟲。那為何最後穀倉仍產生嚴重蟲害現象呢？綜合現階段臺灣倉庫的實際狀況，大致可歸納下列原因：

1. 稻穀乾燥機在新穀乾燥前未先清除殘穀，導致濕穀在乾燥期間就受殘穀中之害蟲侵入為害，並隨之進入穀倉。
2. 放置新穀之倉庫，在舊穀清倉後，未全面性進行防蟲處理，如倉庫內壁、角落、樑柱、木板等縫隙間，經常有害蟲存在。導致原有害蟲在新穀放置後，尾隨侵入新穀中為害。
3. 放置新穀之倉庫，有部分會習慣在倉底預先舖設穀殼，以避免底層穀物接觸地面受潮。而穀殼一般都未經防蟲處理，尚含有許多害蟲，當穀物堆積後，害蟲即遷移到新穀中為害。
4. 集中型穀倉在同一處就包含多間穀倉，以貯存多期稻穀。而倉與倉常為面對面，距離甚近。其出入口完全開放，使害蟲自由進出，讓舊穀之害蟲源很輕易轉移到另一倉之新穀中繼續繁殖。
5. 同一間穀倉因倉容不足，必須放置不同期別稻穀時，舊有之期別稻穀中害蟲，亦容易傳播到新置入之新穀中。
6. 力霸式穀倉因其穀倉面積甚大，常放置多期稻穀，各期稻穀均未彼此區隔，導致舊穀之害蟲亦可輕易傳播到新置入之新穀中。
7. 舊穀在清倉碾製時，從原貯藏倉轉移到碾製區時，舊穀殘存之害蟲亦隨之遷移至碾製區之稻穀倉中。
8. 當穀物買賣後，原倉庫之害蟲源亦會在運輸過程中，透過運輸工具 (如穀物輸送帶、卡車、火車、船倉等) 將已有害蟲帶至另一處穀倉。
9. 新穀在裝袋時，使用未經害蟲防治處理的舊袋子，其中殘留的害蟲又可持續為害。

由以上因素可知害蟲從舊穀侵入於新穀中，都是管理者在起初第一階段稻穀乾燥機，就未能未雨綢繆將原有蟲源清理乾淨，導致害蟲能輕易從舊穀轉移侵入新穀。所以只能說穀倉之蟲源是穀倉自己養的，端看你的態度，就影響之後蟲數之多寡及稻穀之損失了!

積穀倉庫之蟲害管理模式

以往穀倉管理，常傾向於無為而治，直等到害蟲大發生後，才尋找防治對策處理，導致貯穀已受一定程度的為害。管理者甚至認為倉庫環境無法完全隔絕害蟲的發生，且常因倉容量不足，不同期別稻穀混倉已是常態，而放任害蟲之取食。本文

想打破這類思維，提供治本的害蟲防治及穀倉管理規劃，澈底解決穀倉之害蟲為害。雖無法完全達到無蟲境界，卻可降低蟲害發生到現今狀況之十分之一，絕非難成之事。針對穀倉管理的規劃，主要分成五階段，分別為清源、防堵、第滅寧藥劑處理、監測、進階害蟲防治處理。若前四個階段，能澈底執行，已完成防治的一大半，甚至不需要再執行常態防治。

一、清源

是公糧穀倉管理的基本功，此階段以往常被忽略，導致新穀一進倉，就一步一步踏上被汙染的命運。為澈底執行清源工作，建議管理者依下列建議，逐一自行檢驗是否完成清源工作：

1. 稻穀收割機及載送濕穀之車輛，是否先行全車清理。
2. 稻穀烘乾機之內部螺旋桿、鏈條及底層空間是否有殘穀積存，建議至少每兩個月清理一次。
3. 稻穀烘乾機之螺旋桿或鏈條是否過於老舊，請定期更換。因老舊之螺旋桿會宛如利刀，將嚴重使稻穀穎破裂，導致害蟲之入侵，尤其對米象族群最明顯。
4. 稻穀烘乾機之環境整理，因機器下方常容易掉落穀粒，成為害蟲繁殖的汙染源，一樣建議至少每兩個月清理一次。
5. 此階段亦可在稻穀烘乾機之空間加裝燈光誘蟲器，將殘留蟲源再進一步清除乾淨。
6. 預定進穀倉庫之空倉處理，將原先倉庫之雜物進行清理乾淨，尤其原先放置於底層之粗糠袋，需全部清除。
7. 尚未進穀之空倉時期，可利用 25% 百滅寧可濕性粉劑或 10% 巴賽松燻煙劑進行空倉殺蟲處理。
8. 以棧板方式貯藏之倉庫，在棧板使用前，是否先清理乾淨。

二、防堵

既然公糧穀倉之害蟲是自己養的，如何降低穀倉原先害蟲再侵入，就是重要一環。首先就是避免不同期別之稻穀混倉貯藏，再來就是倉與倉之間要能彼此隔絕，使其各自獨立，互不影響。以下針對倉與倉之阻隔及防堵害蟲侵入，建議具體措施如下：

1. 獨棟式穀倉，在其穀倉出入口加裝防蟲紗網，網目為 32 目以上，將能阻隔絕大部分之害蟲。紗網安裝模式，可仿照網室，於門口加裝不銹鋼支條為框架，中間以S形壓條固定住，出入時將S型壓條拉開或壓入，即可自由進出，極為便利亦能有效阻隔。
2. 集中型穀倉因倉與倉相對且密集在一起，其倉與倉更需以紗網阻隔，否則害蟲在倉與倉之間，彼此遊走的狀況就更為頻繁。
3. 除門口加裝紗網外，亦可於門口外加裝燈光誘引器，將外來蟲源誘殺，避免蟲源之入侵。
4. 有些穀倉因倉容不足時，需混倉貯藏。其害蟲輕易從舊穀轉移，為解決此問題，可利用紗網隔絕成兩部分，或在新穀進倉後以紗網覆蓋，完全罩住宛如蚊帳一般。大面積之力霸式穀倉，亦可利用此方式，將新穀覆罩，達到與其他期別舊穀之隔絕。若穀蠹要侵入，常被隔絕於網外，而造成大量死亡。

三、第滅寧藥劑處理

農糧署每年均針對公糧穀倉，提供化學藥劑混拌於稻穀中，以進行害蟲防治，以往曾使用馬拉松 (malathion)、巴賽松等藥劑，但當使用一段時間後，最後均因害蟲對藥劑有抗藥性，而面臨必須更換藥劑的下場。自 2002 年起農糧署已使用

0.055% 第滅寧粉劑取代巴賽松應用於穀倉害蟲防治。正確的使用為與稻穀均勻混拌後 (稻穀與藥劑比例為 750:1)，再進行裝袋後貯藏，使穀中之蟲源因接觸藥劑而死亡。現階段濕穀進倉烘乾後，在烘乾流程添加藥劑達到推薦比例，若以噸袋方式裝填是可行之道。但因大部分貯穀仍以 60 公斤袋裝方式貯藏，導致工作人員要裝填混拌後之稻穀，確實有困難且極為危險，可能因吸入太多藥劑而造成健康之影響。導致大部分公糧穀倉之管理人員，僅將第滅寧粉劑噴灑於穀袋表面而已，而使防治效果明顯降低。

四、監測

當穀物進倉貯藏後，即應定期檢查倉內穀溫、穀物含水量及害蟲發生量。當穀溫及穀物含水量上升時，必需改善通風狀況。當害蟲發生量逐漸增多時，達到防治基準時，再加以後續害蟲防治處理。以期能於害蟲大量發生前，適時的防治，減少穀物的損失。在每年 4~10 月間因高溫多濕，害蟲發生較嚴重，應每月定期檢查一次，其餘時間則兩個月檢查一次即可。

五、防治

其實清源、防堵、第滅寧藥劑處理及害蟲監測，均為害蟲防治的一部分，但以往常被忽略，而使害蟲發生到嚴重地步時，才想以藥劑進行防治。因此若能確實執行前四階段之管理措施，甚至不用其他防治處理，直到公糧稻穀到出倉。但當害蟲確實發生了，可針對不同的倉庫型式，導入多重物理防治資材及技術，進一步進行害蟲防治處理!

多重物理防治資材及技術

稻穀貯藏期間之害蟲防治，以往常偏重於農藥防治。1971 年政府推薦使用馬拉松 (malathion)防治積穀害蟲，經 10 年後卻發現玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motchulsky) 對馬拉松已產生 6 倍之抗性 (Wang *et al.*, 1982)。1979 年起推薦之巴賽松 (phoxim)，亦在多年使用後導致主要積穀害蟲穀蠹及麥蛾對巴賽松產生嚴重抗藥性現象 (Kao & Tzeng 1992; Yao & Lo 1994, 1995)。在 2002 年推薦以第滅寧 (deltamethrin) 與稻穀混拌進行害蟲防治，而圓筒倉或公糧進口糙米倉則常以以磷化鋁 (aluminium phosphide) 進行燻蒸。雖農藥防治雖有速效之特性，但往往使害蟲發展出抗藥性或穀物之藥劑殘留問題。磷化鋁燻蒸防治雖無藥劑殘留問題，但從以往研究針對燻蒸效果評估顯示，倉庫在燻蒸後 2~4 個月，害蟲常有再發生現象，導致需重複燻蒸的狀況持續發生 (Yao *et al.*, 2009)。在無法完全排除藥劑防治環境下，開發物理防治資材及技術成為當務之急，以減少藥劑之使用頻率，將可改善藥劑殘留及延緩害蟲抗藥性發生。

本所近年來為降低藥劑之使用，已開發多項物理防治資材及技術，包含 LED 積穀害蟲誘殺器、無線感測網路害蟲監測技術及防蟲網防蟲技術等，將簡述如下：

一、LED積穀害蟲誘殺器

主要利用害蟲對特殊光波的偏好原理，研發出 LED 誘引技術防治積穀害蟲，「飛蛾撲火」就是此現象之最佳寫照，更針對「節能」及「高誘殺效能」之需求，選定最佳誘引波長，使誘殺器每 10 分鐘誘蟲數可達 2,500 隻。此 LED 誘蟲器，在設計上採 360 度圓柱型軸心，使光源無死角。且利用害蟲假死特性及防逆逃設計，使害蟲被誘捕後無法逆逃。此誘蟲設備乃利用物理特性防蟲，對主要積穀害蟲—穀蠹有極佳防治效果，無農藥殘留疑慮。未來若技術移轉，不只可應用於稻穀倉，亦可推廣至玉米、高粱或食材工廠。除提升各類穀倉害蟲防治的安全性，亦可解決

消費大眾對食材農藥殘留的疑慮。

二、無線感測網路害蟲監測技術

主要利用 LED 積穀害蟲誘殺器及無線感測網路 (WSN) 方式進行遠距自動化監測，除監測稻穀倉之害蟲族群消長趨勢，並可評估環境因素對害蟲消長之影響。透過遠距自動化監測，在電腦、手機或平板電腦上，可直接即時瀏覽倉庫之害蟲發生數量、穀倉之室外、室內及袋內之溫濕度資料，並可統計長時間各項資料之變化，以各種統計圖表呈現其穀倉環境資料與害蟲發生之關係。若害蟲發生數量超過危害水平時，亦可利用簡訊即時回傳到倉庫管理員及系統管理員之手機，以方便能即時研擬後續之防治對策。

三、防蟲網防蟲技術

「防蟲網」之觀念如家中門窗加裝紗窗或蚊帳防蚊之思維，稻穀進倉後可利用防蟲網阻絕害蟲遷移，避免穀倉間與穀倉內新舊穀共存時害蟲侵入危害，明顯降低害蟲繁殖數。在彰化伸港農會 8 號稻穀倉 (101-2 期) 在貯藏 9 個月後，以防蟲網覆蓋之稻穀害蟲繁殖數約僅開放式稻穀害蟲數之 8.9%。此方式在力霸式穀倉或同倉有多期稻穀混倉貯藏時，最適合推廣應用。

結語

本土稻穀倉庫在稻穀貯藏期間。若能在管理上依循清源、防堵、第滅寧藥劑處理、監測處理。能逐項照 SOP 徹底執行，使管理人員按表操課，將能控制害蟲之發生在防治基準之下，甚至不需進階害蟲防治處理。為提供穀倉管理人員之管理資訊及害蟲鑑定相關資料，本所已建構積穀害蟲防治管理及監測系統網站 (http://spir.tari.gov.tw/)，包含重要害蟲相關資訊、防治技術及管理方案，提供穀倉管理人員及糧政人員之交流平臺，並提供互動意見，以期使穀倉管理的工作能更完整及規劃更妥善。

引用文獻

Cheng, C. H. 2003. Review and prospects of integrated management of rice insects in Taiwan. p.11-38. *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan. (Cheng *et al*., eds.) Taiwan Agric. Res. Inst. Special Pub. No. 106. Taichung. 224 pp. (in Chinese with English abstract)

Kao, S. S. and C. C. Tzeng. 1992. A survey of the susceptibility of rice moth (*Corcyra cephalonica*) and angoumois moth (*Sititroga cerealella*) to malathion and phoxim. Chinese J. Entomol. 12: 239-245. (in Chinese with English abstract)

Wang, S. C., F. Sun, and T. Y. Ku. 1982. Effect of insecticides on the resistance and the reproductive rate in maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motchulsky). Plant Prot. Bull. 24: 143-151 (in Chinese with English abstract)

Yao, M. C. and K. C. Lo. 1992. Insect species and population densities in stored japonica rice in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12: 161-169. (in Chinese with English abstract)

Yao, M. C. and K. C. Lo. 1994. Phoxim resistance in *Rhyzopertha dominica* Fabricius in Taiwan. Chinese J. Entomol. 14: 331-341. (in Chinese with English abstract)

Yao, M. C. and K. C. Lo. 1995. Phoxim resistance in *Sititroga cerealella* Olivier in Taiwan. J. Agric. Res. China 44: 166-173. (in Chinese with English abstract)

Yao, M. C., C. Y. Lee, and K. H. Lu. 2009. Survey and monitoring of insect and mite pests in imported rice. J. Taiwan Agric. Res. 58: 17-30. (in Chinese with English abstract)